



*UNIVERSITÀ DI PISA*

Corso di Laurea

Magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche

Anno Accademico 2013/14

Candidato: **Marco Nicolardi**

Titolo della tesi

**Applicazione di metodologie petrografico-mineralogiche allo studio di mineralizzazioni a metalli argentine.**

Relatore: **Prof.ssa Anna Gioncada**

Correlatore Prof.re Paolo Costantini

Riassunto/Abstract

L'obiettivo di questa tesi è contribuire alla ricostruzione di modelli geologici per la formazione di sistemi mineralizzati mediante analisi petrografiche e mineralogiche. Sono stati studiati campioni di carote provenienti da due siti differenti, situati entrambi nel territorio argentino ed entrambi tuttora oggetto di esplorazione e caratterizzazione da parte delle compagnie minerarie che hanno fornito i campioni.

L'estrazione di metalli è particolarmente importante per l'economia argentina. Tra le risorse metallifere di questo paese sono rilevanti quelle legate in maniera più o meno diretta alla presenza di attività magmatica: i sistemi magmatico-idrotermali, che portano allo sviluppo di depositi porphyry copper (come il deposito sfruttato a Bajo de Alumbrera), e i sistemi epitermali di tipo low and high sulfidation.

Nel corso della tesi sono state studiate due situazioni differenti:

- il primo sito presenta mineralizzazioni di tipo “porphyry copper”, con tenori interessanti sia in rame, che in oro e molibdeno. Si trova nel settore NW del territorio argentino, si è sviluppato nel Miocene superiore ed è legato all'attività magmatica di retroarco dell'attuale Cordigliera delle Ande. L'area studiata è situata nella porzione più orientale del sistema di faglie trascorrenti Calama-Olacapato-El Toro (circa 24°S) che si estendono lontano dall'arco magmatico attuale in direzione NW-SE, e comprende il complesso di rocce intrusive e vulcaniche Miocenico Las-Burras-Almagro-El Toro;
- il secondo sito presenta mineralizzazioni di tipo “low-sulfidation”, presenta tenori interessanti di oro e argento e si è sviluppatosi nel settore meridionale del territorio argentino, nella zona occidentale del Deseado Massif. Le mineralizzazioni hanno interessato una sequenza di rocce vulcaniche costituita da tufi e ignimbriti, e vulcanosedimentarie. Il deposito ha un forte controllo strutturale, in quanto si sviluppa lungo un importante sistema di faglie.

Sui campioni sono state effettuate le seguenti analisi:

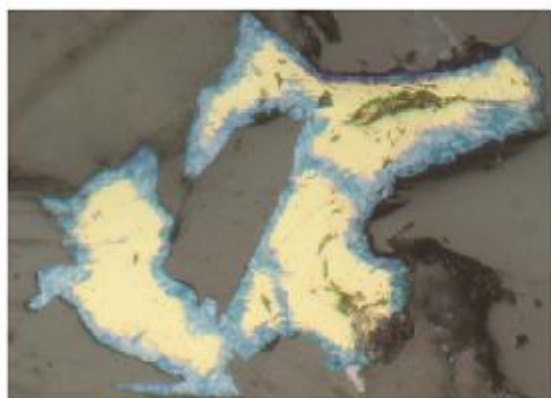
- osservazioni macroscopiche della struttura e dell'associazione mineralogica dei campioni di carote;
- osservazioni microscopiche a luce trasmessa della tessitura, dell'associazione mineralogica primaria e dell'alterazione;
- osservazioni con microscopio a luce riflessa dei minerali opachi;
- osservazioni al microscopio elettronico a scansione e microanalisi EDS
- analisi diffrattometriche a raggi X.

Nel caso del “porphyry copper”, dati preliminari sulle composizioni, temperature e salinità dei fluidi coinvolti nella formazione delle mineralizzazioni sono stati ottenuti dallo studio delle inclusioni fluide nel quarzo, in un campione selezionato dalla zona che presenta i tenori in Cu, Au e Mo maggiori.

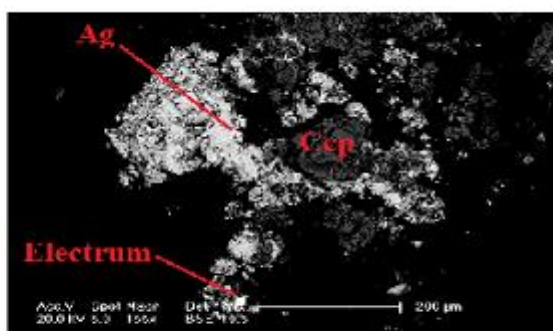
Il sistema “porphyry copper” studiato è caratterizzato da alterazione potassica (ortose e biotite secondari) e sericitica, dominata da sericite, illite e clorite, mentre il sistema low-sulfidation è caratterizzato da alterazione argillitico/sericitica e silicica, con quarzo a grana fine, adularia, illite. Le associazioni ipogeniche a solfuri del porphyry copper sono caratterizzate da pirite, calcopirite e molibdenite, con tracce di galena e blenda nella zona più esterna. Una parte dei campioni mette in evidenza l'intervento di fluidi supergenici, ad esempio testimoniati nel “porphyry copper” da covellite e calcocite (figura 1).

I solfuri ipogenici nel deposito epitermale sono caratterizzati da pirite, arsenopirite, calcopirite, solfuri di argento e antimonio, accompagnati da argento e oro nativi.

I risultati ottenuti sono stati elaborati e confrontati con i dati geologici esistenti con l'obiettivo di contribuire a migliorare la comprensione dello sviluppo delle mineralizzazioni nei due siti e la ricostruzione di un modello geologico.



**Fig.1**



**Fig.2**

Figura 1: immagine a luce riflessa di un cristallo di calcopirite bordata da covellite in roccia granitoide del sistema porphyry di Las Burra

Figura 2: immagine SEM (BSE) di calcopirite in associazione a un solfuro di Cu, Sb, Ag con electrum e argento nativo in vulcanite riolitica brecciata del sistema low-sulfidation

## **Abstract**

### **Application of petrographic and mineralogical methodologies to the study of ore-bearing rocks in Argentina.**

This thesis intended to contribute to the reconstruction of geological models for the formation of mineralized systems using petrographic and mineralogical analysis. The samples for the study are core samples from two different sites, both located in the Argentine territory and both still under exploration and characterization by the mining companies who provided the samples.

The extraction of metals is particularly important for the Argentine economy. Among the metal resources of this country those linked, directly or indirectly, to the presence of magmatic activity are particularly important: magmatic-hydrothermal systems, which lead to the development of porphyry copper deposits (such as the deposit exploited in Bajo de Alumbraera), and epithermal systems of low and high sulfidation type.

During this thesis work two different situations have been studied:

- the first site presents mineralization of "porphyry copper" type, with interesting contents of copper, gold and molybdenum. It is located in the NW area of the Argentine territory, it has developed in the Late Miocene and it is related to the magmatic activity of back-arc of the actual Andes. The studied area is located in the easternmost part of the system of strike-slip faults Olacapato-Calama-El Toro (about 24 ° S) extending away from the present arc magmatic in NW-SE direction, and it includes the complex of intrusive rocks and Miocene volcanic-Las Burras-Almagro-El Toro;
- the second site presents mineralization "low-sulfidation" type, it presents interesting gold and silver contents and it was developed in the southern sector of the Argentine territory, in the western part of the Deseado Massif. The mineralization has affected a sequence of volcanic rocks consisting of tuffs and ignimbrites, and reworked volcanic sediments. The deposit has a strong structural control, as it develops along a major fault system.

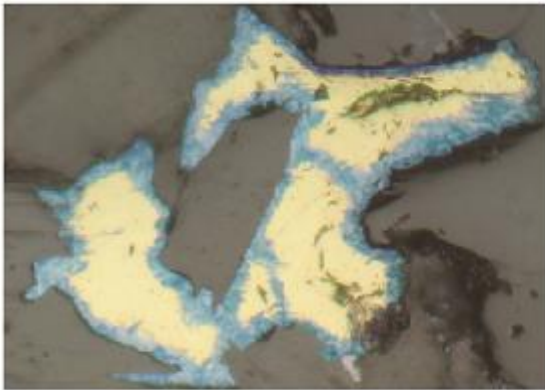
The following analyses were carried out:

- macroscopic observations of the structure and mineralogical association of core samples;
- transmitted light microscopy of texture and of the primary and secondary mineral associations;
- reflected light microscopy of ore minerals;
- Scanning electron microscopy and EDS microanalysis
- X-ray diffraction analysis

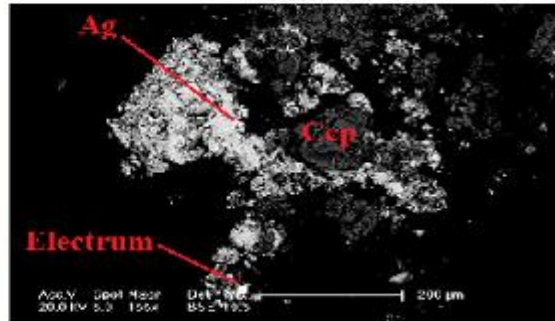
In the case of "porphyry copper"-type mineralization, preliminary data on the compositions, temperatures and salinity of the fluids involved in the formation of mineralization were obtained from the study of fluid inclusions in quartz, in a selected sample from the area that presents high contents of Cu, Au and Mo.

The studied "porphyry copper"-type mineralized rocks are characterized by potassic alteration (secondary biotite and orthoclase) and sericitic, dominated by sericite, illite and chlorite, while the low-sulfidation system is characterized by argillic / sericitic and silicic alteration, with fine-grained quartz, adularia, illite. The sulphide ipogenic associations of the porphyry copper zone are characterized by pyrite, chalcopyrite and molybdenite, with traces of galena and sphalerite in the outermost part. A part of the samples highlights the intervention of supergenetic fluids, evidenced by covellite and chalcocite (Figure 1). The ipogenic sulphides in the epithermal mineralization are characterized by pyrite, arsenopyrite, chalcopyrite, silver and antimony sulfides, accompanied by native silver and gold.

The obtained results were discussed and compared with the existing geological data, to contribute to a better understanding of the development of mineralization at the two sites and the reconstruction of a geological model.



**Fig.1**



**Fig.2**

Figure 1: Reflected light image of chalcopyrite rimmed by coveline in granitoid rocks with porphyry copper-style mineralizations;

Figure 2: SEM image (BSE) of chalcopyrite in association with a sulfide of Cu, Sb, Ag with electrum and native silver in rhyolitic breccia with low-sulfidation -style mineralization